

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミックスにガラスを溶着する方法において、

前記ガラスをセラミックスに接触させ、ガラスが流動する温度に加熱した後、前記ガラスの降溫過程における屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度でアニールする工程を含むことを特徴とする前記セラミックスにガラスを溶着する方法。

【請求項2】 前記ガラスをガラスが流動する温度に加熱した後、前記ガラスの昇溫過程における屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度で冷却した後、該屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度でアニールする工程を含むことを特徴とする請求項1に記載のセラミックスにガラスを溶着する方法。

【請求項3】 前記アニールが少なくとも1時間行われることを特徴とする請求項1または2に記載のセラミックスにガラスを溶着する方法。

【請求項4】 前記ガラスを一对のセラミックス片の間に配置することによってセラミックス片同士を結合させることを特徴とする請求項1〜3のいずれか一項に記載のセラミックスにガラスを溶着する方法。

【請求項5】 前記セラミックスが、磁気ヘッド用セラミックス基板材料であることを特徴とする請求項1〜4のいずれか一項に記載のセラミックスにガラスを溶着する方法。

【請求項6】 前記セラミックスが、 $\text{CoO}-\text{NiO}$ 系セラミックスであることを特徴とする請求項1〜5のいずれか一項に記載のセラミックスにガラスを溶着する方法。

【請求項7】 溶着するガラスに対するセラミックスの体積比（セラミックス/ガラス）が、10以下であることを特徴とする請求項1〜6のいずれか一項に記載のセラミックスにガラスを溶着する方法。

【請求項8】 複数の凹部が形成された磁気ヘッド用セラミックス片にガラスを溶着する方法において、

前記セラミックス片の凹部の開口部にガラスを配置する工程と、

前記ガラスを、ガラスが流動する温度に加熱する工程と、

前記ガラスの昇溫過程における屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度で冷却する工程と、

前記屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度に冷却する工程と、前記屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度でアニールする工程とを含むことを特徴とする磁気ヘッド用セラミックス片にガラスを溶着する方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、セラミックスにガ

ラスを溶着する方法に関し、さらに詳細には、磁気ヘッド用セラミックス片にガラスを溶着する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 積層型磁気ヘッドの製造工程においては、多くの工程でガラスの溶着工程及びモールド工程が使用されている。図6(a)にその一例を示す。最初に、 $\text{CoO}-\text{NiO}$ 系セラミックスのような非磁性セラミックス基板に磁性膜であるセンダスト合金膜が成膜されて、それら合金膜付基板をガラス薄膜を介して多数枚重ね、加圧・加熱して積層体が形成される。この積層体を積層方向にスライスしてCコア用のCプレート2が切り出される。センダスト合金膜Mと直交する方向に溝4が形成される。溝4の開口端の一端にアベックス部と呼ばれる切欠部が形成される。Cプレート2と別途用意したIコア用のIプレート3との接合面に溶着ガラスがスパッタリングにより成膜された後、図6(a)の上図に示したように重ね合わせ、加圧・加熱される（ギャップ溶着）。次いで、図6(a)の下図に示すようにアベックス部に棒状のモールドガラス6を挿入して、それを軟化させてアベックス部をモールドガラス6で充填せしめ、両プレートの接合強度を高める。こうして接合された両プレートから磁気ヘッドコアチップが切り出される。その他のガラスの溶着工程の例を図6(b)に示す。Cプレートに溝4'が形成された後、そこに棒状のモールドガラス6が設置され、溶着される。その後、Cプレートは研磨され、さらに溝4が形成された後、溶着ガラスが成膜されたIプレート3と溶着され、図6(a)と同様な接合体とされる。なお、モールドガラス6の形状は、棒状に限らず板状でもよい。

【0003】ところで、一般的なガラスの溶着方法では、ガラス材料をガラスが十分軟化流動する温度（作業温度 $T_w$ ）まで加熱した後、作業温度からガラスの屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ までを $10\sim 20^\circ\text{C}/\text{分}$ で冷却し、屈伏点 $A_t$   $\pm 10^\circ\text{C}$ からガラス転移点 $T_g$ までを $0.5\sim 2^\circ\text{C}/\text{分}$ で冷却する。その後、室温まで $10\sim 20^\circ\text{C}/\text{分}$ で冷却することが行われている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の一般的なガラスの溶着方法を用いてセラミックスにガラスを溶着またはモールドさせる場合には、溶着ガラスに対してセラミックス片が比較的大きい体積を有する場合、例えば、セラミックス片と溶着ガラスとの体積比（セラミックス/ガラス）が10より大きいときは、上記一般的な溶着法で特に問題は生じない。しかしながら、セラミックスとガラスの体積比が小さくなると、セラミックスとガラス間の熱膨張係数の不整合によって、ガラス溶着後のセラミックスに応力が残留することになる。特に、（セラミックス/ガラス）体積比があまり大きくない前記の磁気ヘッド用部品では残留応力による影響が大きい。例えば、図6(a)で示した製造方法においては、磁気ヘッドコア

チップへの加工時にモールドガラスにかけや割れが生じたり、図6(b)で示した製造方法においては、モールドガラスを溶着し、溝4を形成したCプレートにそり等による変形が生じたりする。このような残留応力により生じる問題はガラスの熱膨張係数とセラミックス基板との熱膨張係数を完全に一致させることができれば解消するが、そのようなことは不可能である。

【0005】そこで、本発明の目的は、ガラスをセラミックス片に溶着する際に、溶着されたガラスのかけや割れ、セラミックスのたわみ等の変形を小さくすることができ、セラミックスにガラスを溶着する方法を提供することにある。

【0006】また、本発明の目的は、磁気ヘッド用のセラミックス材料にガラスを溶着する際に、溶着されたモールドガラスのかけや割れ、セラミックスのたわみ等の変形を小さくすることができ、セラミックスにガラスを溶着する方法を提供することにある。

【0007】さらに、本発明の目的は、ガラスを（セラミックス／ガラス）体積比が比較的小さいセラミックス片、例えば、磁気ヘッド用セラミックス基板材料に溶着する際に、溶着されたガラスのかけや割れ、セラミックスのたわみ等の変形を小さくすることができ、セラミックスにガラスを溶着する方法を提供することにある。

【0008】課題を解決するための手段】本発明の第1の態様に従えば、セラミックスにガラスを溶着する方法において、ガラスをセラミックス片に接触させ、ガラスが流動する温度に加熱した後、前記ガラスの降溫過程における屈伏点 $A_t$ より $\pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度でアニールする工程を含むことを特徴とするセラミックスにガラスを溶着する方法が提供される。本発明者は、ガラスをセラミックスに溶着した場合に発生する残留応力を低減するためにガラスの溶着のための熱処理プロセスを検討したところ、ガラスの降溫過程においてその屈伏点 $A_t$ の近傍でガラスをアニールする工程を設けることによってセラミックス中の残留応力を低減して変形量の少ない磁気ヘッド用セラミックス部品を製造できることを見出した。上記アニール温度は、 $(A_t - 10^\circ\text{C}) \sim (A_t + 10^\circ\text{C})$ の範囲の温度であり、好ましくは、その範囲内において降溫過程における屈伏点 $A_t$ に一層近い温度である。

【0009】本明細書において屈伏点 $A_t$ 及びガラス転移点 $T_g$ は、それぞれ、示差熱分析(DTA)の降溫過程において観測される屈伏点及びガラス転移点を示す。従って、示差熱膨張分析(TMT)を用いて、その昇溫過程から決定される一般的な屈伏点及びガラス転移点は、それぞれ $A_t$ 及び $T_g$ として表記することによってDTAの降溫過程における屈伏点 $A_t$ 及びガラス転移点 $T_g$ と区別する。なお、実施例において説明するよう屈伏点 $A_t$ 及びガラス転移点 $T_g$ は降溫速度

によって異なる値を示すため、降溫過程の降溫速度により特定される。一般に、示差熱分析(DTA)の測定データにおいて降溫過程に現れる2つの変曲点のうち高温側の変曲点が $A_t$ であり低温側の変曲点がガラス転移点 $T_g$ である。

【0010】上記セラミックスにガラスを溶着する方法において、ガラスを流動温度( $T_w$ )に加熱した後、前記ガラスの昇溫過程における屈伏点 $A_t$ まで冷却し、次いで、該屈伏点 $A_t$ から所定の降溫速度で該降溫速度で決定される屈伏点 $A_t \pm 10^\circ\text{C}$ の温度まで冷却し、該屈伏点 $A_t \pm 10^\circ\text{C}$ の範囲の温度にてアニールする工程を含むことが好ましい。なお、屈伏点 $A_t$ までの冷却後、その温度 $A_t$ で一定時間保持してもよい。

【0011】前記アニール工程は、ガラスが溶着されたセラミックスのたわみ量を十分に低減するために少なくとも1時間行われることが好ましく、一層好ましくは、1時間～2時間である。

【0012】本発明のガラスをセラミックスに溶着する方法は、種々の用途に用いることができ、図6(a)及び(b)に示したような磁気ヘッドを製造する工程において、セラミックス片のアベックス部にガラスを溶着する場合や、セラミックス片にスパッタされたガラス膜を加熱溶着する場合のみならず、セラミックス／ガラスの体積比が比較的小さい、例えば、セラミックス／ガラス体積比10以下のセラミックスにガラスを溶着するあらゆる用途に好適である。

【0013】本発明の方法において、ガラスが溶着されるセラミックスは、特に限定されないが、磁気ヘッド用セラミックス基板材料が好適である。例えば、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 系セラミックスを用いることができ、この場合、添加物として、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を40wt%以下、 $\text{ZrO}_2$ を40wt%以下、 $\text{CeO}_2$ を40wt%以下、 $\text{ZnO}$ を30wt%以下、 $\text{TiO}_2$ を20wt%以下、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{W}$ の酸化物を0.1wt%～5wt%を含むことができる。また、 $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}$ 系(0<x<0.8(モル比))も好適であり、この場合、添加物として $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{ZrO}_2$ 等を含むことができる。その他、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 系、 $\text{CaTiO}_3$ 系等のセラミックスが挙げられる。

【0014】本発明の方法で溶着されるガラスは特に限定されず、溶着に使用される種々のガラスを適用することができるが、セラミックスの熱膨張係数に比較的近い熱膨張係数を有するガラスが望ましく、一般には、セラミックス基板の熱膨張係数を $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )としたとき、 $\alpha - 15$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ ) $\sim \alpha + 5$ ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )熱膨張係数を有するガラスが選択される。

【0015】本発明の第2の態様に従えば、複数の凹部が形成された磁気ヘッド用セラミックス片にガラスを溶着する方法において、上記セラミックス片の凹部の開口部にガラスを載置する工程と、前記ガラスをガラスが流

動する温度に加熱する工程と、前記ガラスの昇温過程における屈伏点A<sub>1</sub>まで冷却する工程と、前記ガラスの屈伏点A<sub>1</sub>から降温過程における屈伏点A<sub>1</sub>' ± 10℃の範囲の温度に冷却する工程と、前記屈伏点A<sub>1</sub>' ± 10℃の範囲の温度でアニールする工程とを含むことを特徴とする磁気ヘッド用セラミックス片にガラスを溶着する方法が提供される。

【0016】

【実施例】

実施例1

この実施例では、磁気ヘッド製造用のセラミックス基板にモールドガラスを溶着した際の基板のたわみ量が溶着工程で使用される熱処理条件によりどのように変化するかをセラミックスとガラスから構成される試験片を用いて調べた。

【0017】寸法13mm×13mm×0.4mmのCoO・NiO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系セラミックス基板と寸法10mm×10mm×0.4mmのガラス板を用意した。このセラミックス基板とガラス板の組成及び熱膨張係数並びにガラスのガラス転移点T<sub>g</sub>及び屈伏点A<sub>1</sub>を以下に示す。なお、このセラミックス基板とガラス板との体積比はセラミックス/ガラス=1.7である。

【0018】(1) セラミックス基板:

組成: CoO: NiO = 35:65 (モル比)、CoO及びNiO: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 100:2 (重量比)  
熱膨張係数:  $135 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  (30℃~450℃以上)

(2) ガラス板:

組成: SiO<sub>2</sub>: B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Na<sub>2</sub>O: K<sub>2</sub>O: ZnO / SrO / BaO / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 31/17/19/5 / 16/5/5/2 (モル比)  
熱膨張係数:  $134 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  (30℃~T<sub>g</sub>)

ガラス転移点T<sub>g</sub>: 425℃

屈伏点A<sub>1</sub>: 455℃

ここで、上記熱膨張係数、ガラス転移点T<sub>g</sub>、屈伏点A<sub>1</sub>は、市販の作動トランス型示差熱膨張計によって昇温速度を5℃/分として昇温過程にて測定した値である。

【0019】上記ガラス板とセラミックス基板とを、図\*

降温速度 (°C/分)	5	2	1
屈伏点A <sub>1</sub> ' (°C)	449	425	415
ガラス転移点T <sub>g</sub> ' (°C)	419	404	385

【0023】図2に示したような熱処理において、種々の温度でアニール処理が行われた試験片1のセラミックス基板のたわみ量を評価した。まず、試験片1のセラミックス基板のガラスが溶着されていない面の中央付近の表面を触針式表面粗さ計により測定する。次に、得られた測定結果を円弧近似し、測定開始点と測定終了点を結んだ直線と円弧との距離の最大値を求める。そして、この求めた値を測定距離(測定開始点と測定終了点間の距離)が25mmのときの値に規格化する。この測定をセ※50

\*1に示したように、ガラス板10をセラミックス基板11上に重ねて試験片1を構成した。次いで、試験片1を、電気炉内で大気雰囲気下にて図2に示したような温度スケジュールで熱処理を行った。すなわち、試験片1を昇温速度5℃/分で屈伏点A<sub>1</sub>である455℃まで昇温し(第1ステップ)、その温度を30分間維持する(第2ステップ)、その後、昇温速度5℃/分でモールド温度(溶着温度)である580℃まで昇温して(第4ステップ)、その温度を15分間維持した。そして10℃/分の降温速度で屈伏点A<sub>1</sub>である455℃まで冷却し(第5ステップ)、その温度を30分間維持した(第6ステップ)。次いで、1℃/分の降温速度にて後述する種々のアニール温度まで冷却した(第7ステップ)。そして、そのアニール温度で60分間維持(アニール)した(第8ステップ)。次いで、1℃/分の降温速度で(T<sub>g</sub>-30)℃である395℃まで冷却した(第9ステップ)後、この温度から5℃/分の降温速度で室温まで冷却した(第10ステップ)。

【0020】上記第8ステップにおけるアニール温度を、405℃~455℃(昇温過程の屈伏点)の間の種々の温度(降温過程における屈伏点415℃を含む)に設定して、図2の熱処理スケジュールに従って、上記試験片1を複数用いてそれぞれ熱処理を行った。

【0021】ガラス転移点及び屈伏点は、示差熱分析(DTA)で測定した場合、昇温過程と降温過程とはそれぞれ異なり、一般に昇温過程におけるガラス転移点T<sub>g</sub>及び屈伏点A<sub>1</sub>が降温過程におけるガラス転移点T<sub>g</sub>'及び屈伏点A<sub>1</sub>'よりも低い。また、降温過程におけるガラス転移点T<sub>g</sub>'及び屈伏点A<sub>1</sub>'は、降温速度によって異なる。このため、上記試験において予め上記ガラスについて、5℃/分、2℃/分及び1℃/分の3種の降温速度にてそれぞれ降温過程におけるガラス転移点T<sub>g</sub>'及び屈伏点A<sub>1</sub>'を測定しておいた。結果を以下に示す。このうち図2に示した熱処理においては、第7ステップにおける屈伏点A<sub>1</sub>からアニール温度までの降温速度として、1℃/分の降温速度を用いた。

【0022】

【表1】

降温速度 (°C/分)	5	2	1
屈伏点A <sub>1</sub> ' (°C)	449	425	415
ガラス転移点T <sub>g</sub> ' (°C)	419	404	385

セラミックス基板の中央付近6点で行い、これらの測定結果を平均してたわみ量とした。結果を、第8ステップのアニール温度に対するたわみ量として図3に示した。

【0024】図3より、第8ステップのアニール温度が415℃の場合に熱処理後の試験片のたわみ量が最小となっている。この温度は、降温過程における屈伏点A<sub>1</sub>'そのものであり、この温度A<sub>1</sub>'に近い温度でアニール処理を行えば、ガラスが溶着されたセラミックス片に残留する応力を小さくすることができることがわかっ

た。

## 【0025】実施例2

この実施例では図6(b)に示したような磁気ヘッド製造プロセスに使用されるガラスの溶着方法の例を示す。実施例1で用いた同じ組成のセラミックス基板にセンダスト合金膜を成膜したものを多数枚重ねて加圧・加熱して積層体として、スライスして寸法26mm×26mm×0.6mmのCプレートを用意した。この基板に、予め、ダイシングソーにより、溝幅0.2mm、深さ0.2mmの溝を0.8mm周期で形成した(図6(b)の溝4'に相当する)。次に、直径0.5mm、長さ30mmのモールドガラスを各溝に配置した。ここで、セラミックスとガラスの体積比(セラミックス/ガラス)は約2.5である。ガラスの組成、熱膨張係数、及びガラス転移点及び屈伏点を以下に示す。なお、ガラス転移点 $T_g$ 及び屈伏点 $A_t$ は、市販の作動トランス型熱膨張計に\*

降温速度(°C/分)	5	2	1
屈伏点 $A_t'$ (°C)	460	449	440
ガラス転移点 $T_g'$ (°C)	427	412	402

【0029】上記のようなアベックス部にモールドガラスが配置された試験片を実施例1と同様に電気炉内で、 $N_2$ 、 $O_2$ の混合雰囲気( $N_2/O_2=9/1$ )にて、図2に示した温度スケジュールで熱処理を行った。図2におけるモールド温度を600°Cとし、第8ステップのアニール温度を425°C~480°C(昇温過程の屈伏点)の範囲の種々の温度にした以外は、実施例1と同様に図2に示したスケジュールに従って熱処理を行った(第7ステップの降温速度は1°C/分である)。

【0030】上記種々のアニール温度(第8ステップ)を経て処理された種々の試験片について、実施例1と同様の方法でたわみ量をそれぞれ測定した。図4に、第8ステップのアニール温度に対する各試験片のたわみ量を示す。降温過程での屈伏点 $A_t'$ である440°Cでアニールを行った場合にガラス溶着後のセラミックス片のたわみ量が最も小さいことがわかる。たわみ量が15 $\mu$ m以下であれば、製品である磁気ヘッドの精度を高精度に維持し且つ高い歩留まりが得られることがわかっている。従って、アニール温度として、降温過程での屈伏点 $A_t'$ を基準として、( $A_t'-10^\circ$ C)~( $A_t'+10^\circ$ C)の範囲内の温度が好ましいことがわかる。

## 【0031】実施例3

次に、第8ステップのアニール時間を種々の時間に変更して、ガラスが溶着されたセラミックスのたわみ量とアニール時間との関係を調べた。第8ステップのアニール温度を450°Cとし、アニール時間を0~150分の種々の時間とした以外は、上記実施例2と同様の試験片を用い、図2の温度スケジュールで熱処理を行った。結果を図5に示す。降温過程での屈伏点 $A_t'$ (440°C)±10°Cの範囲内のアニール温度(450°C)で、アニール時間を60分以上とすることで、たわみ量が15 $\mu$ m×50

\*よって昇温速度を5°C/分として昇温過程にて測定した値である。

【0026】ガラスの組成:  $SiO_2/B_2O_3/Li_2O/Na_2O/K_2O/ZnO/ZrO_2=48/13/10/12/8/6/3$ (モル%)

熱膨張係数:  $128 \times 10^{-7}/^\circ C$ (30°C~ $T_g$ )

ガラス転移点 $T_g$ : 440°C

屈伏点 $A_t$ : 480°C

10 【0027】上記ガラスについて、実施例1と同様に5°C/分、2°C/分及び1°C/分の3種の降温速度における降温過程のガラス転移点 $T_g'$ 及び屈伏点 $A_t'$ を測定した。結果を以下に示す。

【0028】

【表2】

20 $\mu$ m以下となることがわかった。アニール時間は長いほうがよいが、120分以上ではあまりたわみ量に変化がない。従って、製造効率をも考慮してアニール時間として60分~120分が好適である。

【0032】上記実施例1~3では、ガラスを流動させた後、屈伏点 $A_t$ から降温過程での屈伏点 $A_t'$ までの冷却(降温)過程(第7ステップ)を1°C/分の降温速度で行ったが、この降温速度に限定されず、種々の降温速度で冷却することができる。ただし、降温過程の屈伏点 $A_t'$ は降温速度で決定されるために、実施例1及び2で実験したように降温速度毎に屈伏点を求めておく必要がある。

【0033】

【発明の効果】本発明のセラミックスにガラスを溶着する方法によると、ガラスでセラミックス片を溶着する際に、溶着されたガラスのかげや割れ、セラミックスのたわみ等の変形を小さくすることができる。従って、本発明の方法は、セラミックスにガラスをセラミックス/ガラス体積が10以下になるように溶着させる場合、特に磁気ヘッド製造用のセラミックス基板にガラスを溶着する場合に好適であり、製品の歩留りを向上し、後工程の微細加工における加工精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1で用いたガラスとセラミックスの試験片の寸法を示す図である。

【図2】実施例1~3の熱処理の温度スケジュールを示すグラフである。

【図3】実施例1で熱処理された試験片のたわみ量とアニール温度との関係を示すグラフである。

【図4】実施例2で熱処理された試験片のたわみ量とアニール温度との関係を示すグラフである。

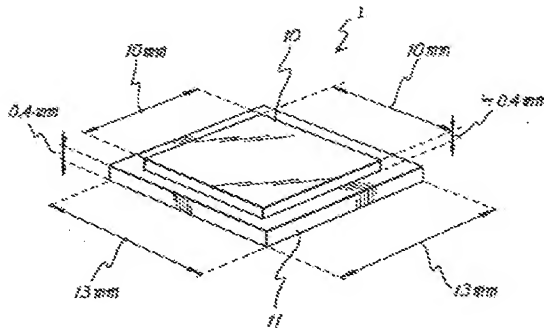
【図5】実施例3におけるアニール時間とガラスが溶着されたセラミックスのたわみ量の関係を示すグラフである。

【図6】磁気ヘッドの製造プロセスのうち、セラミックス片にガラスを溶着する工程を示す図であり、(a)はCプレートとIプレートを重ね合わせた後にモールドガラスを挿入してモールドさせる方法であり、(b)はCプレートにガラスをモールドした後、Iプレートを結合させる方法である。

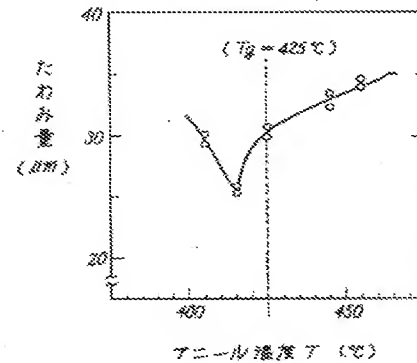
【符号の説明】

- 1 試験片
- 2 Cプレート
- 3 Iプレート
- 4, 4' 溝
- 5 アベックス部
- 6 モールドガラス
- 10 ガラス片
- 11 セラミックス片

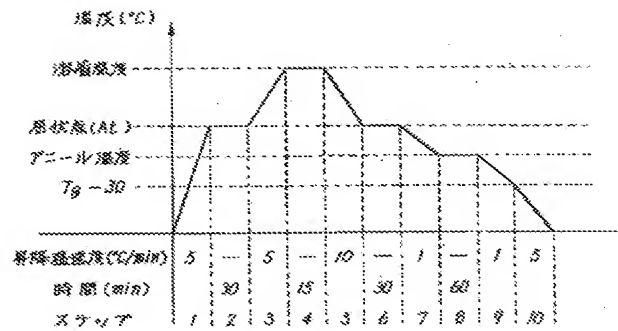
【図1】



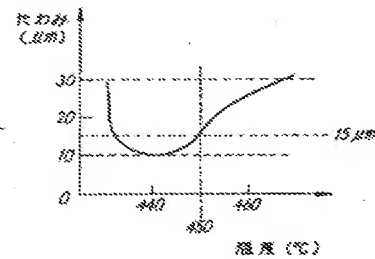
【図3】



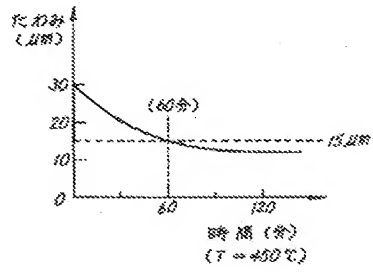
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

